

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICH NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(31) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G06T 5/00		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 95/09403 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 6. April 1995 (06.04.95)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE94/01117 (22) Internationales Anmeldedatum: 26. September 1994. (26.09.94)		(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	
(30) Prioritätsdaten: P 43 32 878.4 27. September 1993 (27.09.93) DE (71) Anmelder (<i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i>): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (<i>nur für US</i>): SCHUSTER, Rolf [DE/DE]; Josephsburgstrasse 63, D-81673 München (DE). AHMAD, Subutai [US/US]; 946 Colorado Avenue, Palo Alto, CA 94303 (US).			
(54) Title: METHOD FOR THE SEGMENTATION OF DIGITAL COLOUR IMAGES (54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR SEGMENTATION VON DIGITALEN FARBBILDERN (57) Abstract In the method described, coloured objects are represented by binarized colour histograms which are used for the segmentation of digital colour images. The binary values of the histograms correspond to the decision as to whether an image point belongs to a given segment of the object or not. Model-based parametrizations of these histograms are preferred in order to carry out the segmentation efficiently. In particular, they enable the histograms to be adapted at reasonable cost to time-dependent changes in the illumination conditions. (57) Zusammenfassung Farbige Objekte werden durch binarisierte Farbhistogramme repräsentiert, die zur Segmentation digitaler Farbbilder verwendet werden. Dabei entsprechen die binären Werte der Farbhistogramme der Entscheidung darüber, ob ein Bildpunkt zu einem gegebenen Objektsegment gehören kann oder nicht. Modellbasierte Parametrisierungen dieser Farbhistogramme werden zur effizienten Durchführung der Segmentation bevorzugt. Sie ermöglichen insbesondere eine Adaption der Farbhistogramme an zeitlich veränderliche Beleuchtungsverhältnisse mit vertretbarem Aufwand.			

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagascar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

Verfahren zur Segmentation von digitalen Farbbildern

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Segmentation von digitalen Farbbildern auf der Grundlage von Farbhistogrammen. Das Interesse an der Farbbildverarbeitung ist in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Diese Tatsache entspricht dem Wunsch, Farbe als zusätzliche Informationsquelle nutzbar zu machen und wird unterstützt durch eine deutlich gewachsene Rechnerleistung und neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Reflexionsmodelle (Shafer, S. A. Optical phenomena in computer Vision, proceedings of the CSCSI-84, Canadian Society for Computational Studies of Intelligence, London, Ontario, 15 Canada, May 1984), (Nayar, S. K., Ikeuchi, K., und Kanada, T. Surface Reflection: Physical and Geometrical Perspectives, PAMI 13,7 (July 1991), 611 - 634). Ein wichtiges und in vielen Bereichen der Farbbildverarbeitung eingesetztes Werkzeug ist das sogenannte Farbhistogramm. In der Literatur sind 20 verschiedene Anwendungen der Farbhistogramme zur Farbbildsegmentierung (Celenk, M. A., Color Clustering Technique for Image Segmentation, Computer Vision, Graphics and Image Processing 52 (1990), 145 - 170) zur Farbobjekterkennung (Swain, M. J. und Ballard, D. H., Color Indexing. International Journal of Computer Vision 7 (1991), 11 - 32) sowie zur 25 dreidimensionalen Rekonstruktion (Sato, Y. und Ikeuchi, K., "Temporal-Color Space Analysis", Carnegie-Mellon-University, Technical Report No. CMU-CS-92-207, November 1992) beschrieben worden. Bei diesen bekannten Arbeiten werden lediglich 30 die Hauptkomponenten der Objekthistogramme untersucht; dabei gehen verschiedene wichtige Informationen der Farbhistogramme wie Glanzlichter aber auch Störeinflüsse wie Kamerarauschen und Übersteuerung verloren. Die bekannten Formen der Anwendungen von Farbhistogrammen zur Objektsegmentation sind daher 35 häufig nicht flexibel genug, um unterschiedlichen Reflexions-eigenschaften und Beleuchtungsverhältnissen bei der Gegenwart verschiedenartiger Objekte Rechnung zu tragen.

ERSATZBLATT

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Segmentation von digitalen Farbbildern anzugeben, das flexibler ist als die bekannten Verfahren, besonders im Hinblick
5 auf eine zutreffende Beschreibung unterschiedlichster Reflexionseigenschaften von verschiedenartigen Objekten.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Segmentation von digitalen Farbbildern mit Merkmalen nach An-
10 spruch 1 gelöst. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden farbige Objekte durch binarisierte Farbhistogramme repräsentiert, und zur Segmentation digitaler Farbbilder verwendet. Dabei entsprechen die binären Werte der Farbhistogramme einer Entscheidung darüber, ob ein Bildpunkt zu einem gegebenem Objektsegment gehören kann oder nicht. Modellbasierte Parametrisierungen dieser Farbhistogramme werden zur effizienten Durchführung der Segmentation bevorzugt. Sie ermöglichen insbesondere eine Adaption der Farbhistogramme an zeitlich veränderliche Beleuchtungsverhältnisse mit vertretbarem
15 Aufwand.
20

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Segmentation von digitalen Farbbildern wird mindestens ein binarisiertes Farbhistogramm, welches die charakteristischen Farbeigenschaften mindestens eines abgebildeten Objekts beschreibt, dazu verwendet, zu entscheiden, ob ein Bildpunkt eines in Objektsegmente zu zerlegenden Farbbildes zu einem bestimmten Objektsegment gehört oder nicht, wobei geprüft wird, ob dem Farbwert dieses Bildpunktes ein Wert des zu diesem Objekt gehörenden binarisierten Farbhistogramms zugeordnet ist, der auf die Zugehörigkeit dieses Bildpunktes zu diesem Objektsegment hinweist. Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die binarisierten Farbhistogramme in Form einer binärwertigen Tabelle im Datenverarbeitungssystem gespeichert, welche jedem Farbwert, der zu einem durch dieses Farbhistogramm charakterisierten Objekt
25
30
35

ERSATZBLATT

gehört, einen ersten binären Wert und allen anderen Farbwerten den entgegengesetzten binären Wert zuordnet.

Alternativ hierzu werden bei einer zweiten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens die Werte von binarisierten Farbhistogrammen durch Anwendung einer Schwellwertoperation auf ein normalisiertes Farbhistogramm ermittelt, wobei dieses normalisierte Farbhistogramm nicht in Form einer Wertetabelle sondern in Gestalt eines Satzes von Parametern einer parametrischen Funktion oder eines Satzes von parametrischen Funktionen in dem Datenverarbeitungssystem gespeichert wird.

Bei einer Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens auf zeitliche Folgen digitaler Bilder werden die Werte dieser Parameter schrittweise an eine sich zeitlich verändernde Beleuchtungssituation angepaßt. Vorzugsweise aber nicht zwangsläufig werden im Zusammenhang mit den erfindungsgemäßen Verfahren dreidimensionale Farbhistogramme, z. B. im sogenannten RGB-Raum verwendet.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele näher beschrieben. Die Farbe eines Objektes, die mit einer Farbkamera aufgenommen wird, ist abhängig von zahlreichen Einflußgrößen, wie z. B. dem Spektrum der Lichtquelle, der Geometrie der räumlichen Anordnung, Reflexionseigenschaften der Objektoberfläche oder von spektralen Eigenschaften der Kamera. Trotzdem gibt es bei natürlichen zweidimensionalen Objekten typische Farbverteilungen und damit auch definierte Strukturen im Farbhistogramm. Hierbei wird unter einem Farbhistogramm eine empirische Häufigkeitsverteilung des Auftretens bestimmter Farbwerte in einem Farbbild oder innerhalb eines Objektsegments eines Farbbildes verstanden. Dabei wird jedem Punkt eines Farbraums, vorzugs-

weise jedem Punkt des dreidimensionalen RGB-Raums ein Histogrammwert, nämlich seine Häufigkeit, d. h. die Zahl der Bildpunkte, welche diesen Farbwert besitzen, zugeordnet. Normiert man ein derartiges Histogramm, so, daß die Summe der 5 Histogrammwerte über alle Punkte des Farbraums 1 ergibt, spricht man von einem normalisierten Farbhistogramm. Jeder Wert dieses Farbhistogramms kann dann als Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines bestimmten Farbwertes in dem betreffenden Bild interpretiert werden. 1984 zeigte L. A. Shafer, 10 daß dichromatische Materialien mit Glanzlichtern im Farbhistogramm ein Parallelogramm bilden, dessen Eigenschaften von Körper- und Oberflächen-Reflexionsvektoren bestimmt sind. Drei Jahre später beobachteten Klinker und Gershon unabhängig voneinander, daß dieses Parallelogramm nicht gleichzeitig 15 ausgefüllt ist, sondern durch eine T-Form, die auch als Dog-Leg bezeichnet wird, beschrieben werden kann (Klinker, G. J., Shafer, S. A., Kanade, T. "Using a color reflecting model to separate highlights from objects color". Image Understanding Workshop Proceedings, Los Angeles, Februar 1987), (Gershon, 20 R. The Use of Color in Computational Vision, DHP Dissertation, University of Toronto, 1987). Typische Histogramme von Farbobjekten bestehen aus sogenannten Clustern, also zusammenhängenden, mit signifikanten Werten belegten Bereichen im Farbhistogramm.

25 Ausgehend von derartigen Histogramm-Strukturen werden in der vorliegenden Patentanmeldung im folgenden drei Modelle definiert, die in ihrer unterschiedlichen Komplexität den unterschiedlichen Reflexionseigenschaften von Objekten Rechnung 30 tragen. Im Unterschied zu den oben genannten Arbeiten wird eine exakte mathematische Beschreibung der Verteilung innerhalb der Cluster entwickelt, die sowohl die Richtungskomponenten als auch die Varianzen der Cluster beinhaltet. Diese Modelle sind besonders dazu geeignet, Farbobjekte im Farbhistogrammraum zu repräsentieren. Diese drei Modelle, ein Ellipsoid- 35 ein Zylinder- und ein Mischungsdichte-Modell sind in ihrer Struktur und Komplexität so gewählt, daß sie die typi-

5

schen Histogramme von realen Farbobjekten gut approximieren. Im Gegensatz zu früheren Arbeiten, in denen lediglich die Hauptkomponenten der Objekthistogramme untersucht wurden, geht es hier um eine vollständige und exakte Beschreibung der 5 Objekthistogramme einschließlich sämtlicher Störeinflüsse, wie Kamerarauschen, Glanzlichter, Übersteuerung etc.

Aus einem digitalen Farbbild kann ein Objekthistogramm, also eine Häufigkeitsverteilung auf dem Raum aller Farbwerte unter 10 Einbeziehung aller Bildpunkte eines Objektes, erzeugt werden. Das Objekthistogramm wird vorzugsweise als diskrete, dreidimensionale Wahrscheinlichkeitsverteilung betrachtet, und deshalb wird die Normierung

15

$$H(v) = \{h(v_1), \dots, h(v_n)\}, \quad \sum_i h(v_i) = 1$$

gewählt. Im folgenden wird die mathematische Beschreibung der 20 Histogrammwerte für das Ellipsoid- das Zylinder- und das Mischungsdichtemodell dargestellt.

Ellipsoid-Modell

Zur Beschreibung relativ einfacher, kompakter Cluster mit ellipsoidförmiger Ausdehnung und einer internen Verteilung, die 25 durch eine einfache oder eine multivariate, dreidimensionale Gaußfunktion beschrieben werden kann eignet sich eine Gaußfunktion mit diagonaler Kovarianzmatrix. Ein derartiges Modell ist für einfache Farbobjekte geeignet, die relativ 30 gleichmäßig beleuchtet werden. Einerseits hat diese Funktion durch ihre achsensymmetrischen Eigenschaften nur begrenzte Anpassungsfähigkeit. Andererseits müssen nur sechs freie Parameter bestimmt werden. Erweitert man diese Funktion um 35 die Kovarianzen so erhält man die allgemeine multivariate Normalverteilung mit nichtverschwindenden Kovarianzen. Mit dieser Funktion können auch Cluster beschrieben werden, die

6

z. B. achsensymmetrisch zur Diagonalen der xy -Ebene sind. Beachtet man die Symmetrie der Kovarianzmatrix, dann sind bei dieser Funktion neun freie Parameter zu bestimmen.

5 Prinzipiell lassen sich die Parameter mit den Standardgleichungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung direkt bestimmen. Zur Verbesserung der Genauigkeit benutzen wir zusätzlich ein iteratives Verfahren, das die Fehlerquadrate

10

$$E(\bar{p}) = \sum_i [f(v_i, p) - h(v_i)]^2$$

minimiert. Dabei enthält p die unbekannten Funktionsparameter. Als Startwerte für das iterative Verfahren werden die 15 Ergebnisse der direkten Parameterbestimmung benutzt. Zur Minimierung von $E(p)$ kann z. B. ein statistisches Optimierungsverfahren für mehrere Variablen ohne Nebenbedingungen eingesetzt werden (Papageorgiou, M. Optimierung: statische, dynamische, stochastische Verfahren für die Anwendung, R. 20 Oldenbourg Verlag (1991)).

Zylinder-Modell

Dieses Modell ist für lange, annähernd achsensymmetrische 25 Cluster besonders geeignet, die abschnittsweise durch Zylinderscheiben beschrieben werden können. Dieses Modell eignet sich besonders für dreidimensionale Farbobjekte ohne ausgeprägte Glanzlichter. Für die mathematische Beschreibung dieser Clusterform wird der Clusterschwerpunkt b und die 30 Richtung der Hauptachse a bestimmt. Danach wird eine Koordinatentransformation angewendet, so daß die x -Achse in Richtung der Clusterhauptachse zeigt. Der gewichtete Cluster-Schwerpunkt berechnet sich aus

35

$$b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i h(v_i).$$

Durch die Berechnung der Eigenvektoren,

5

$$A = Q S R^T \text{ mit } A = [h(v_1)(v_1 - b) \dots h(v_n)(v_n - b)]$$

$$\text{und } Q = [q_1 \ q_2 \ q_3], \ S = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 & 0 \end{bmatrix}, \ R = [r_1 \dots r_n]$$

10

wird die Hauptachse $a = q_1$ bestimmt.

15 Im Unterschied zur üblichen Eigenwertanalyse im dreidimensionalen Vektorraum werden hier die Histogrammwerte als Gewichte der einzelnen Vektoren mit einbezogen. Die Gleichung für die Koordinatentransformation lautet dann

$$v'_i = (v_i - b) R_y R_z \text{ für } i = 1 \dots n$$

20 dabei sind R_y bzw. R_z die Rotationsmatrizen für die Rotation um die y - bzw. die z -Achse. Die Rotationswinkel ergeben sich direkt aus dem Richtungsvektor a . Jetzt wird auf der x' -Achse eine neue Skalierung mit Δl -Schritten und eine Diskretisierung mit $l \in Z$ vorgenommen. Damit wird der Cluster in dünne 25 Scheiben eingeteilt, deren Histogrammwerte $h_l(x', y')$ z. B. mit einer zweidimensionalen Gaußfunktion

$$f_l(y', z') = \frac{1}{2\pi\sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{(y' - \mu_{y'})^2}{\sigma_{y'}^2} + \frac{(z' - \mu_{z'})^2}{\sigma_{z'}^2} \right)\right)$$

30 approximiert werden können.

Wie beim Ellipsoid-Modell kann diese Beschreibung durch die Kovarianzen erweitert werden. Für erhöhte Genauigkeit wird auch hier ein iteratives Verfahren eingesetzt. Für kleine Δl kann das Zylinder-Modell achsensymmetrische Clusterformen
5 sehr genau beschreiben.

Mischungsdichte-Modell

Dieses Modell beschreibt den Cluster als Mischungsdichte von
10 Dichtefunktionen. Das Modell kann beliebig geartete Cluster beschreiben und eignet sich daher für komplexe Farbobjekte mit Glanzlichtern, Textur etc. Auch das oben erwähnte T-förmige Reflexionsmodell kann mit dem Mischungsdichte-Modell beschrieben werden.

15 Hierbei ist zu beachten, daß für die vollständige Repräsentation eines Farbobjektes auch mehrere Modelle gleicher oder unterschiedlicher Art kombiniert werden können. Ein zweifarbiges dreidimensionales Objekt mit einem Glanzlicht kann sich
20 z. B. aus zwei zylinderförmigen und einem ellipsoiden Cluster zusammensetzen.

Das Mischungsdichtemodell wird durch die Summation von i gewichteten Dichtefunktionen beschrieben
25

$$p(v_k|\Theta) = \sum_i \alpha_i \cdot n(v_k, \theta_i) \text{ mit } \sum_i \alpha_i = 1 \text{ und } \alpha_i \geq 0$$

wobei $n(v_k, \theta_i)$ eine beliebige Dichtefunktion sei kann. θ_i
30 enthält die Parameter einer Dichtefunktion, Θ enthält die Parameter θ_i und die Gewichte α_i von allen i Dichtefunktionen. Die Parameter werden mit dem EM-Algorithmus (expected maximum) bestimmt. Bei diesem iterativen Verfahren sind die Aktualisierungsgleichungen für die nächste Iteration gegeben
35 durch

9

$$\alpha_i^+ = \frac{\sum_{k=1}^n h(v_k) \cdot p^c(i|v_k)}{\sum_{k=1}^n h(v_k)}, \quad \mu_i^+ = \frac{\sum_{k=1}^n v_k \cdot h(v_k) p^c(i|v_k)}{\sum_{k=1}^n h(v_k) p^c(i|v_k)}$$

und

5

$$\Sigma_i^+ = \frac{\sum_{k=1}^n (v_k - \mu_i^c)(v_k - \mu_i^c)^T \cdot h(v_k) p^c(i|v_k)}{\sum_{k=1}^n h(v_k) p^c(i|v_k)}, \text{ wobei } p^c(i|v_k) = \frac{\alpha_i^c \cdot n(v_k|\theta_i^c)}{p(v|\Theta^c)}.$$

10 Im Unterschied zum Standard-EM-Algorithmus berücksichtigt
 diese Formulierung auch die Gewichtung der Histogrammelemente
 h(v).

15 Ein für Zwecke dieser Patentanmeldung geeigneter Überblick
 über den Problembereich des EM-Algorithmus und die Darstel-
 lung eines Anwendungsbeispiels findet sich z. B. bei (Redner,
 R. A. und Walker, H. F. Mixture Densities, Maximum Likelihood
 and the EM Algorithm. SIAM Review 26, 2 (April 1984), 195 -
 239), (Nowlan, S. J. Maximum Likelihood Competitive Learning.
 In Advances in Neural Information Processing Systems 4, 574 -
 20 582, 1990).

Bei vielen bekannten Verfahren zu histogrammbasierten Farb-
 bild-Segmentierung wird der Intensitätsanteil der Farbe durch
 die Berechnung von Farbwertanteilen eliminiert (Richter, M.
 25 Einführung in die Farbmetrik, Walter de Gruyter, 2. Aufl.
 1980) und die Klassifikation in der zweidimensionalen Ebene
 die auch als Farbtafel bezeichnet wird, durchgeführt
 (Batchelor, B.G. "Color Recognition in Prolog", in SPIE
 Machine Vision Applications, Architectures and Systems Inte-
 30 gration, SPIE, 1992). Diese Normierung bedingt einerseits ei-

ne gute Farbkonstanz hat aber andererseits den Nachteil, daß hierdurch die Dimension des Farbraums um 1 reduziert wird und hierdurch unter Umständen wichtige Klassifikationsmerkmale verloren gehen. In diesem Zusammenhang eignen sich die oben 5 beschriebenen Modelle für die Farbbildsegmentierung im dreidimensionalen Farbraum mit den beiden Klassen "Objekt" und "Hintergrund". Dazu muß der kontinuierliche Wertebereich des Histogramms bzw. der parametrisierten Modellfunktion die das Histogramm repräsentiert, in einen binären Wertebereich 10 umgewandelt werden. Bei allen drei Modellen wird die Binarisierung durch eine einfache Schwellwertbildung erreicht

$$f_b(v) = \begin{cases} 0 & \text{für } f_{1,2}(v) \geq \epsilon \text{ bzw. } p(v_k|\Theta) \geq \epsilon \\ 1 & \text{sonst} \end{cases}.$$

15

Der Schwellwert ϵ ist abhängig von der angestrebten Genauigkeit der Farbobjekt-Segmentierung und der Farbverteilung im Objekthintergrund. Ist der Objekthintergrund bekannt, so kann 20 die Schwellwertbestimmung automatisiert werden. Die binarisierten, dreidimensionalen Modellfunktionen lassen sich direkt dazu verwenden, in einem Farbbild die Klassifikation Objekt/Hintergrund durchzuführen. Diese Lösung ist aber weder besonders speichersparend noch besonders zeiteffizient. 25 Häufig ist es deshalb, gerade bei echtzeitfähigen Implementierungen des Verfahrens vorteilhaft, die Modellfunktionen durch Tabellen mit einem effizienten Zugriffsmechanismus zu repräsentieren. Das erfindungsgemäße Verfahren wurde für alle drei beschriebenen Modelle auf reale Bilddaten angewendet und 30 die jeweiligen Approximationsfehler miteinander verglichen. Die verwendeten RGB-Farbbilder wurden mit einer CCD-Kamera aufgenommen. Als Lichtquellen wurden Neonnitrid-Lampen mit einer Farbtemperatur von 3200 Kelvin verwendet. Die Histogramme haben jeweils eine Auflösung von 64 x 64x 64 Farbwerten. 35 Die Qualität der drei Modellfunktionen wurde mit Hilfe von realen Bildern verglichen. Als Maß für die Qualität

wurde die Summe der quadratischen Fehler verwendet. Wie zu erwarten erreicht das flexibleste, nämlich das Mischungsdichte-Modell für alle Bilder die jeweils geringsten Abweichungen und ist damit am besten geeignet, Farbobjekthistogramme zu approximieren. Je nach Anwendung können jedoch auch die anderen Modellfunktionen Vorteile aufweisen, da sie eine einfachere und weniger aufwendigere Beschreibung von Farbbildern ermöglichen.

10 In dieser Patentanmeldung wurden die folgenden Veröffentlichungen zitiert:

1. Shafer, S. A. Optical phenomena in computer Vision, proceedings of the CSCSI-84, Canadian Society for Computational Studies of Intelligence, London, Ontario, Canada, May 1984.
2. Nayar, S. K., Ikeuchi, K., und Kanada, T. Surface Reflection: Physical and Geometrical Perspectives, PAMI 13, 7 (July 1991), 611 - 634.
3. Celenk, M. A., Color Clustering Technique for Image Segmentation, Computer Vision, Graphics and Image Processing 52 (1990), 145 - 170.
- 25 4. Swain, M. J. und Ballard, D. H., Color Indexing. International Journal of Computer Vision 7 (1991), 11 - 32) sowie zur dreidimensionalen Rekonstruktion.
- 30 5. Sato, Y. und Ikeuchi, K., "Temporal-Color Space Analysis", Carnegie-Mellon-University, Technical Report No. CMU-CS-92-207, November 1992.
- 35 6. Klinker, G. J., Shafer, S. A., Kanade, T. "Using a color reflecting model to separate highlights from objects color". Image Understanding Workshop Proceedings, Los Angeles, Februar 1987.

7. Gershon, R. The Use of Color in Computational Vision, DHP Dissertation, University of Toronto, 1987.
- 5 8. Papageorgiou, M. Optimierung: statische, dynamische, stochastische Verfahren für die Anwendung, R. Oldenbourg Verlag (1991).
- 10 9. Redner, R. A. und Walker, H. F. Mixture Densities, "Maximum Likelihood and the EM Algorithm". SIAM Review 26, 2 (April 1984), 195 - 239.
- 15 10. Nowlan, S. J. "Maximum Likelihood Competitive Learning", in Advances in Neural Information Processing Systems 4, 574 - 582, 1990.
11. Richter, M. Einführung in die Farbmetrik, Walter de Gruyter, 2. Aufl. 1980.
- 20 12. Batchelor, B.G. "Color Recognition in Prolog", in SPIE Machine Vision Applications, Architectures and Systems Integration, SPIE, 1992.

ERSATZBLATT

Patentansprüche

1. Verfahren zur Segmentation von digitalen Farbbildern mit
5 Hilfe eines elektronischen Datenverarbeitungssystems, bei dem
mindestens ein binarisierter Farbhistogramm, welches die
charakteristischen Farbeigenschaften mindestens eines abge-
bildeten Objekts beschreibt, dazu verwendet wird, zu ent-
10 scheiden, ob ein Bildpunkt eines in Objektsegmente zu zerle-
genden Farbbildes zu einem bestimmten Objektsegment gehört
oder nicht, wobei geprüft wird, ob dem Farbwert dieses Bild-
punktes ein Wert des zu diesem Objekt gehörenden binari-
sierten Farbhistogramms zugeordnet ist, der auf die Zugehö-
rigkeit dieses Bildpunkts zu diesem Objektsegment hinweist.

15

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ein binarisierter
Farbhistogramm in Form einer binärwertigen Tabelle im Da-
tenverarbeitungssystem gespeichert wird, welche jedem Farb-
20 wert, der zu einem durch dieses Farbhistogramm charakte-
risierten Objekt gehört, einen ersten binären Wert und allen
anderen Farbwerten den entgegengesetzten binären Wert zuord-
net.

25

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Werte eines binarisier-
ten Farbhistogramms durch Anwendung einer Schwellwertope-
ration auf ein normalisiertes Farbhistogramm ermittelt wer-
den, welches nicht in Form einer Wertetabelle, sondern in Ge-
30 stalt eines Satzes von Parametern einer parametrischen
Funktion oder eines Satzes von parametrischen Funktionen in
dem Datenverarbeitungssystem gespeichert wird.

35 4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Werte der Parameter
schrittweise an eine sich zeitlich verändernde Beleuchtungs-

ERSATZBLATT

14

situation einer zeitlichen Folge digitaler Bilder angepaßt werden.

- 5 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem dreidimensionale Farbhistogramme verwendet werden.

ERSATZBLATT

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 94/01117

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G06T5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP,A,0 122 543 (GENERAL ELECTRIC CO) 24 October 1984 see page 4, line 4 - page 5, line 4; claim 1 ----	1-3,5
A	EP,A,0 522 702 (HEWLWTT-PACKARD CO) 13 January 1993 see abstract see page 5, line 43 - page 6, line 38 ----	1-3,5
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 13, no. 505 (P-959) 14 November 1989 & JP,A,01 204 186 (NEC CORP) 16 August 1989 see abstract ---- -/-	1

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "B" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

2

Date of the actual completion of the international search

8 December 1994

Date of mailing of the international search report

23 12 94

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

GONZALEZ ORDONEZ, O

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Appl. No.
PCT/DE 94/01117

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 273 (P-401) 30 October 1985 & JP,A,60 117 375 (YOKOKAWA HOKUSHIN DENKI KK) see abstract</p> <p>---</p> <p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17, no. 369 (P-1572) 12 July 1993 & JP,A,05 060 616 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO) see abstract</p> <p>-----</p>	1-3,5
A		1-3,5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internal Application No
PCT/DE 94/01117

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP-A-0122543	24-10-84	US-A-	4574393	04-03-86
		JP-B-	4011073	27-02-92
		JP-A-	59218084	08-12-84
EP-A-0522702	13-01-93	US-A-	5222154	22-06-93
		JP-A-	5303632	16-11-93

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. sales Aktenzeichen

PCT/DE 94/01117

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G06T5/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprästoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 G06T

Recherchierte aber nicht zum Mindestprästoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP,A,0 122 543 (GENERAL ELECTRIC CO) 24. Oktober 1984 siehe Seite 4, Zeile 4 - Seite 5, Zeile 4; Anspruch 1 ---	1-3,5
A	EP,A,0 522 702 (HEWLTT-PACKARD CO) 13. Januar 1993 siehe Zusammenfassung siehe Seite 5, Zeile 43 - Seite 6, Zeile 38 ---	1-3,5
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 13, no. 505 (P-959) 14. November 1989 & JP,A,01 204 186 (NEC CORP) 16. August 1989 siehe Zusammenfassung ---	1 -/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

2

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
8. Dezember 1994	23.12.94
Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter GONZALEZ ORDONEZ, O

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. Aktenzeichen
PCT/DE 94/01117

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 273 (P-401) 30. Oktober 1985 & JP,A,60 117 375 (YOKOKAWA HOKUSHIN DENKI KK) siehe Zusammenfassung ----	1-3,5
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17, no. 369 (P-1572) 12. Juli 1993 & JP,A,05 060 616 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO) siehe Zusammenfassung -----	1-3,5

2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern. Nummer des Aktenzeichen

PCT/DE 94/01117

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP-A-0122543	24-10-84	US-A-	4574393	04-03-86
		JP-B-	4011073	27-02-92
		JP-A-	59218084	08-12-84
EP-A-0522702	13-01-93	US-A-	5222154	22-06-93
		JP-A-	5303632	16-11-93